

8. Солодкий Н.Ф. Минерально-сырьевая база Урала для керамической, огнеупорной и стекольной промышленности/ Н.Ф.Солодкий, А.С.Шамриков, В.М.Погребенков. Справочное пособие под ред. Г.Н.Масленниковой. Томск, 2009. 331с.

## **ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЛЕГКОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ТОРФА ДЛЯ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

*А.С. НОСКОВ, В.А. БЕЛЯКОВ, студ. А.В. ЛАЗУТКИН, А.В. НИКИТИНА*

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

На долю России приходится свыше 30 % мировых запасов торфа, оцениваемых в 500 миллиардов тонн. 12,5 % российского торфа сосредоточено на Урале – по этому показателю данный регион занимает третье место в стране. Только в Свердловской области находится более 770 месторождений, балансовые ресурсы которых превышают 1,6 миллиарда тонн, а прогнозные достигают 6 миллиардов.

В Свердловской области в середине 80-х годов добывалось около 3,5 миллиона тонн, при этом половина использовалась в энергетике. Тем не менее, 95 % топлива Свердловская область получает извне. Газ и уголь окончательно вытеснили торф из экономики области – за последние два десятилетия его добыча сократилась в 70 раз. В 2008 году было добыто, по разным оценкам, от 20 до 50 тысяч тонн, главным образом – для садоводов и аграриев. Не только в области, но и в стране торфодобыча за последние 20 лет упала с 50 до 3-4 миллионов тонн в год и продолжает снижаться.

До сих пор периодические попытки деловых кругов найти торфу выгодное применение не приносили особого успеха. Между тем, еще по результатам исследований торфа проведенных в начале 40-х годов прошлого века известно, что торф по своим свойствам является перспективным материалом для использования в качестве утеплителя стен при строительстве жилых и общественных зданий [1].

В настоящее время особенную актуальность приобрела необходимость поиска новых подходов к решению проблем по эффективной теплозащите зданий и сооружений в соответствии с требованиями современных строительных норм по теплотехнике. В связи с этим возникла потребность в применении новых теплоизоляционных строительных материалов и изделий, в полной мере отвечающих требованиям данной нормативной документации. Поиск, разработка и внедрение новых строительных материалов затрагивают важное направление – производство легких бетонов, к которым относятся бетоны на неорганических и органических заполнителях [2]. Современным требованиям по теплоизоляции сегодня в полной мере может соответствовать одна из разновидностей легкого бетона на органическом заполнителе – торфоцементный бетон.

Спектр продукции из торфа, сапропелей и глинистых компонентов весьма разнообразен, что указывает на реальную возможность рационального использования природных ресурсов и расширения ассортимента выпускаемой продукции за счет внедрения новых композиционных материалов для строительства [3].

В России торфобетон обычно используется в качестве конструктивных элементов очистных сооружений нефтебаз, в частности в качестве противофильтрационного слоя подземных шламонакопителей.

В 2001 г. в Тверской области были разработаны технические условия на производство разработанных ОАО ПИ «Тверьгражданпроект» прессованных торфяных блоков «ГЕОКАР» [4]. Однако по ряду причин до настоящего времени производство прессованных торфяных блоков в России и в Урало-Сибирском регионе не получило широкого распространения.

Исследования и технологические разработки ученых Тверской области позволили впервые получить легкий заполнитель на основе торфа, который по аналогии с керамзитовым гравием назван торфозитом. Гранулы торфозита получают путем окатывания влажной торфомассы с наполнителями или в чистом виде. Выбор рецептуры определяется требованиями, предъявляемыми к керамзиту отраслевыми стандартами. Так, плотность гранул торфозита может варьировать от 480 до 870 кг/м<sup>3</sup> (у керамзита 710-870 кг/м<sup>3</sup>), насыпная плот-

ность 272-450 и 370-800 кг/м<sup>3</sup> соответственно. Прочность на раздавливание составляет 1,25-2,70 МПа у «торфозита» (у керамзита 1,34 МПа) [5]. Торфозит также имеет достаточно низкий коэффициент теплопроводности.

Разработка теплоизоляционных композиций для производства строительных материалов на основе торфа проводилась также в Томском государственном архитектурно-строительном университете [6].

В Уральском государственном горном университете с начала 90-х годов проводились исследования по развитию технологии производства торфяных композиционных материалов под руководством Н.В. Гревцева [7]. Проведенные работы посвящены обоснованию технических и технологических решений вопросов производства новых видов композиционных материалов на основе торфа и промышленных отходов – углеродистых материалов, отходов металлургического производства (медный огарок). Были разработаны научные основы системного подхода к оптимизации технологии торфяных композиционных материалов; дано обоснование принципов формирования состава и выбора методов энерготехнологического регулирования их свойств; установлены закономерности изменения свойств торфяных композиций на различных стадиях технологического процесса; предложены инженерные методы расчета тепломассопереноса при досушке торфяных окускованных материалов; разработаны конструкции оборудования для производства торфяных композиционных материалов многоцелевого назначения. Тем не менее, анализ опубликованных источников по данному вопросу показывает, что исследования эксплуатационных свойств строительных изделий из легких бетонов на основе модифицированного торфа для использования в стеновых конструкциях не проводились.

Строительным факультетом и кафедрой «Материаловедение в строительстве» УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина при участии Уральского филиала ФГУ «ВНИИ ГОЧС МЧС РФ» (ФЦ) в рамках ведения научно-исследовательской работы проводятся испытания составов бетона с заполнителем из торфа модифицированного наночастицами на различных типах вяжущих материалов. Данная научно-исследовательская работа является вторым этапом НИР по теме «Разработка и внедрение нанотехнологий предотвращения и ликвидации загорания торфяников». Программа исследовательских работ одобрена Департаментом по недропользованию Уральского федерального округа в рамках реализации программы «Переработка техногенных образований», утвержденной правительством Свердловской области.

В качестве заполнителей для модифицированного торфоцементного бетона нами использованы местные строительные материалы техногенного происхождения (золы уноса Рефтинской ГРЭС, тонкодисперсный шлам доменных газоочисток ОАО «Металлургического завода им. А.К. Серова», необожженная цементная пыль, и пенополистирол). Применение данных материалов значительно улучшит эксплуатационные свойства и снизит стоимость торфобетона, является в настоящее время экологически и экономически эффективным.

Торфяной органический заполнитель является одним из наиболее эффективных теплоизоляционных материалов. Низкий коэффициент теплопроводности торфа  $\lambda_0 = 0,06$  Вт/(м·К) обусловлен его волокнистой структурой. Средняя насыпная плотность торфа составляет 0,3 г/см<sup>3</sup>. Торф является сложной полидисперсной многокомпонентной системой; его физические свойства зависят от свойств отдельных частей, соотношений между ними, степени разложения или дисперсности твердой части, оцениваемой удельной поверхностью или содержанием фракций размером менее 250 мкм. Для торфа характерны высокая пористость до 96-97 % и высокий коэффициент сжимаемости при компрессионных испытаниях. Текстура торфа – однородная, иногда слоистая; структура обычно волокнистая или пластичная. Отмечается плохая смачиваемость торфа водой.

Для улучшения физико-механических показателей торфа, как заполнителя для легкого бетона, предполагается опробовать модификацию его наночастицами на основе глиняного шликера с пептизаторами, растворов солей, полифосфата натрия, предлагаемых к использованию в качестве мелкодисперсных добавок к воде при тушении силами МЧС торфяных пожаров.

За базовую при подборе составов торфоцементного бетона была принята композиция приведенная в авторском свидетельстве СССР № 1244122 [8], содержащая в качестве связующего портландцемент, верховой торф и его производные, древесные отходы и воду в качестве жидкости затворения при следующих соотношениях ингредиентов, в % по массе:

- портландцемент 33-38;
- древесные отходы торфяных месторождений 20-25;
- верховой торф 4-12; торфяная вытяжка 1-3;
- вода 22-42.

Максимальная прочность композиции составляет 6,41 МПа, коэффициент теплопроводности в сухом состоянии 0,12 Вт/м·К. Для уменьшения плотности бетона и улучшения его коэффициента теплопроводности в состав дополнительно вводился вспененный полистирол марки «Альфатор» производства компании «Сибур-Химпром».

Выбор наиболее рациональных составов методом абсолютных объемов определялся с применением современных статистических методов. При подборе составов использовался низинный торф диспергированный в воде из месторождения Таборинского района Свердловской области, который имеет высокие адгезионные свойства. Массовая доля портландцемента в процессе проведения эксперимента снижалась до 15 %, а содержание торфяной составляющей, модифицированной наночастицами тонкодисперсного шлама, золы растворов карбонатов, бикарбонатов, полифосфатов, увеличивалось до 55 %.

Химический состав шлама с 40 % содержанием агрегатов наночастиц размером от 10 до 20 мкм из доменных газоочисток принимался по данным центральной аналитической лаборатории ОАО «Металлургического завода им. А.К. Серова» (см. табл. 1). Перед испытаниями шлам предварительно высушивался в сушильном шкафу при температуре около 100°C. Шлам перспективен для использования в тяжелых торфоцементных бетонах.

Таблица 1

**Химический состав шлама из газоочисток ОАО Металлургического завода им. А.К. Серова**

Содержание, масс. %												
TiO <sub>2</sub>	Cu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>общ</sub>	Zn
3,029	0,070	8,55	2,69	47,74	1,02	10,0	1,55	0,41	0,09	0,05	41,30	0,88

Тонкодисперсный шлам доменных газоочисток является перспективным материалом для использования в составе водного раствора для тушения торфяных пожаров. Попадание наночастиц шлама в мелкопористую структуру торфа приводит к обволакиванию ими тлеющих составляющих торфяной матрицы и значительному ухудшению газопроницаемости ее структуры, что препятствует попаданию кислорода и останавливает процесс горения.

Свойства золы для использования в качестве заполнителя в составе торфоцементного бетона регламентированы ГОСТ 25818-91 «Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия». Химический состав золы приведен в табл. 2.

Таблица 2

**Химический состав золы-унос Рефтинской ГРЭС**

	Содержание, масс. %						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO+MgO	SO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O	п.п.п.
Требования ГОСТ 25818	≥ 45			≤ 10	≤ 2	≤ 3	≤ 5
Фактическое	58-62	25-30	5-8	3-5	0,1-0,5	0,5-0,7	1-2

Зола Рефтинской ГРЭС представляет собой мелкодисперсный однородный продукт, который получается при сжигании экибастузских углей и улавливается специальными электрофильтрами. Аморфная (стекловидная) фаза золы Рефтинской ГРЭС составляет 70 %, кристаллическая фаза представлена в основном кварцем, полевым шпатом и муллитом. Эффективность золы как кремнеземистого компонента определяется ее фазовым составом и гидравлической активностью, благодаря чему улучшается структура изделий, в которых применяется добавка золы, их прочность и долговечность. Частицы золы имеют сферическую форму и гладкую остеклованную поверхность [9].

Удельная поверхность золы Рефтинской ГРЭС составляет 280-350 м<sup>2</sup>/кг (используется зола уловленная электрофильтрами). Её средняя плотность находится в пределах 1900-2000 кг/м<sup>3</sup>, насыпная – 700-720 кг/м<sup>3</sup>. В отличие от многих зол, продукт сжигания экибастуз-

ских углей имеет пониженное значение удельной эффективной активности ЕРН – 66,58 Бк/кг, что дает основание говорить о достаточной степени экологичности продукта.

В качестве вяжущих материалов применялись цементы марок ЦЕМ II/A-III 32,5Б и ПЦ 500 Д0-Н производства ОАО «Сухоложскцемент» и ЗАО «Невьянский цементник».

В настоящее время начаты исследования физико-механических свойств бетонных смесей на основе торфа и пенополистирола и проводится отработка их технологических параметров. Испытаны серии образцов кубов, балочек и плит из модифицированного торфоцементного бетона. По своим свойствам торф, модифицированный наночастицами, в полной мере может отвечать требованиям, предъявляемым к заполнителям для легких бетонов, а по ряду специфических свойств даже превзойти их.

Испытания морозостойкости образцов из торфоцементного бетона на основе модифицированного торфа показали, что они без значительной потери массы и прочности (в пределах 5 %) выдерживают не менее 50-100 циклов попеременного замораживания и оттаивания. Макроструктура торфоцементного бетона с добавлением пенополистирола показана на рисунке.

Влажностное состояние ограждающих конструкций зданий в значительной степени влияет на их теплозащитные качества и долговечность. Особенно это относится к утеплителям с ярко выраженной сорбционной способностью.

Для установления параметров, характеризующих скорость высыхания торфоцементных образцов, были исследованы их десорбционные свойства. Наибольшее расхождение между изотермами сорбции и десорбции, равное 7,5 % зафиксировано при  $\phi = 75 \%$ . Эти свойства торфоцементного бетона будут положительно сказываться на процессе удаления влаги из конструкции стены в летний период эксплуатации здания.

Результаты испытаний торфоцементных образцов с добавлением пенополистирола плотностью 450 кг/м<sup>3</sup> на сорбцию и десорбцию при температуре  $t = 20^\circ\text{C}$  показаны в табл. 3.

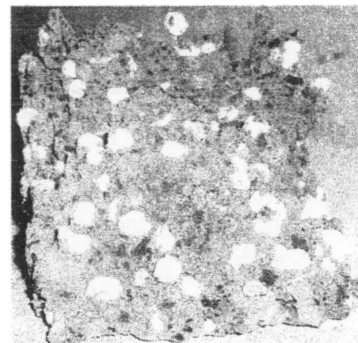


Рисунок. Макроструктура торфоцементного бетона с пенополистиролом

Таблица 3

Результаты испытания торфоцементных образцов на сорбцию и десорбцию

Относительная влажность воздуха %		0	5	35	60	75	85	97	100
Среднее значение влагосодержания образцов, % массового отношения	Сорбция	0	-	7,4	12,2	14,8	19,7	33,1	39
	Десорбция	0	1,4	7,8	17,8	22,3	25,6	34,2	39

Для определения количественной характеристики сорбционной способности образцов из торфоцементного бетона использовалась усовершенствованная методика ГОСТ 24816-81 «Материалы строительные. Метод определения сорбционной влажности». В данной методике увеличена точность определения влажности материала и на порядок уменьшено время исследования сорбционной способности.

Максимальное значение влагосодержания образцов достигает максимального значения 39 % при относительной влажности воздуха, равной 100 %. При относительной влажности воздуха 75 % сорбционное влагосодержание торфоцементных образцов составляет 14,8 %.

В дальнейшем планируется проведение экспериментов по определению значений усадки торфоцементного бетона с добавлением гранул пенополистирола и поиска путей по ее снижению. В процессе выполнения научно-исследовательской работы по результатам проведенных экспериментов предполагается разработать оптимальные составы торфоцементных бетонов с полным исследованием их физико-механических характеристик. Данные составы будут рекомендованы для изготовления опытных образцов торфобетонных изделий с целью дальнейшего изучения их фактической работы в составе стеновой кладки при ее длительной эксплуатации.

Получен легкий бетон на заполнителе из модифицированного наночастицами торфа и гранул пенополистирола плотностью 300-700 кг/м<sup>3</sup>, прочностью при сжатии 1-4 МПа, и прочностью при растяжении 0,2-0,5 МПа, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 25820-83

«Бетоны легкие. Технические условия», по своим свойствам способный заменить ячеистый бетон и керамзитобетон в стеновых конструкциях.

#### Библиографический список

1. Скрамтаев Б.Г., Герливанов Н.А., Мудров Г.Г. Строительные материалы. – Ленинград: Государственное издательство строительной литературы, 1940. – С. 337-340.
2. Носков А.С., Беляков В.А. Физико-механические и теплофизические свойства новых видов пористых легких бетонов для железобетонных изделий: Монография «Проблемы и пути развития российской провинции» ч. 2 «Архитектура и строительство» гл. 3.1 «Использование современных строительных материалов и технологий» / А.С. Носков, В.А. Беляков, В.Б. Сальников; ПГСХА - Пенза, 2010. – С. 55-77.
3. Макаренко Г.Л., Тимофеев А.Е., Яконовская Т.Б., Беляков В.А. Разработка ресурсосберегающей технологии освоения торфяных месторождений / Вестник ТГПУ №3 (81); - Томск, 2009. - С. 157- 161.
4. ТУ 5768-001-03983434-99 «Блоки стеновые теплоизоляционные на основе торфяного связующего» / ООО «Научно-исследовательская и внедренческая деятельность (СОКРАТ)» - Тверь, 1999 – 12 с.
5. ТУ 0392-003-02068284-2008 «Теплоизоляция торфяная гранулированная. Торфозит» / ОАО ПИ «Тверьгражданпроект», - Тверь, 2008 – 12 с.
6. Патент - № 2393128 РФ, МПК6 C04 B 26/00. Теплоизоляционная композиция для производства строительных материалов на основе торфа / Н.О. Копаница, А.И. Кудяков, М.А. Калашникова; ГОУ ВПО «ТГАСУ» № 2008101233/03; Заяв. 20.07.2009; Опубл. 27.06.2010 Бюл. № 12.
7. Гревцев Н.В. Автореферат дис. ... докт. техн. наук Научные основы технологии торфяных композиционных материалов – Тверь, 1998. – 42 с.
8. Авторское свидетельство СССР № 1244122 С 04 В 18/38 Арболит / А.С. Жиркова, А.Н. Нарозев, В.М. Наумович, С.Г. Свиридов, И.В. Эйсенбах; Калининский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт. Опубл. 16.07.86 Бюл. № 26.
9. Волженский А.В., Иванов И.А., Виноградов. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов. - М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.

## ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛЬНОГО АГЛОПОРИТОВОГО ГРАВИЯ НА ТЕХНОГЕННОМ СЫРЬЕ

*В.М. УФИМЦЕВ, студ. М.В. ФОМИН*

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

Зольный аглопоритовый гравий (ЗАГ) относится к перспективным видам пористых заполнителей. В сравнении с керамзитом, являющимся лидером по объемам потребления среди пористых заполнителей, ЗАГ отличается более высокими показателями плотности и значительно меньшими затратами на производство. На текущий момент в связи с активным увеличением объемов высотного и дорожного строительства ЗАГ весьма перспективен в качестве заполнителя при изготовлении крупноразмерных дорожных конструкций и в составе самоуплотняющихся бетонов для верхних этажей высотных зданий.

В отличие от керамзитового гравия, сырьевая база которого в виде вспучивающихся глин, существенно истощена, производство ЗАГ обеспечено на многие десятилетия вперед, поскольку золошлаковые отходы ТЭС по выходу соизмеримы со шлаками металлургии и относятся к лидирующим среди прочих минеральных техногенов. При этом зола-унос, как правило, содержит определенное количество остаточного углерода. Нередко уровень этого вторичного энергоресурса достаточен для полного энергообеспечения обжига ЗАГ, а в ряде случаев необходимо удалять его избыток [1]. Кроме того, технологию производства ЗАГ отличает высокая продуктивность и низкое энергопотребление [2, 3]. Она аналогична производству рудных окатышей и включает дозирование и перемешивание дисперсных исходных компонентов, включая и топливо в виде кокса или угля и полифункциональную добавку. Данная смесь именуется «шихтой». Далее шихта увлажняется, гранулируется и укладывается слоем до 0,5м на движущуюся колосниковую решетку, под которой создают разрежение до 50 Па. Обжиг ЗАГ осуществляется при выгорании топлива внутри гранул, которое воспламеняется под воздействием обработки факелом поверхности слоя шихты в начале процесса, а при его завершении готовый продукт сходит с решетки в виде гранул диаметром 10-12 мм с прочностью на сжатие в цилиндре 3-5 МПа и маркой по насыпной плотности D600-D900.

Одной из важных проблем данной технологии является подбор полифункциональной добавки к шихте, в качестве которой обычно используют глину. Она обеспечивает грануляцию шихты и, одновременно, способствует снижению температуры обжига и повышению